Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.1, Spring 2020, P. 171-183
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۱۸۳-۱۷۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی اثر پیش تیمارهای خشکی و سرما بر رشد، نمو و میزان عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicun esculentum* Mill.) در شرایط مزرعه

فردین قنبری[1]*- محمد سیاری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۰

چکیده

دمای پایین منجر به آسیب‌های فیزیولوژیکی به سلول در گیاهان حساس به سرمازدگی و خسارت محصولات گرمسیری و نیمه گرمسیری مانند گوجه فرنگی می‌شود. به منظور ارزیابی اثر پیش تیمار خشکی بر تحمل به سرما نشاهای گوجه فرنگی و رشد و عملکرد بعدی آن در شرایط مزرعه، تحقیقی در دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال ۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تنش خشکی در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد PEG) و تنش سرمایی در دو سطح (تنش و بدون تنش) بود. پس از اعمال پیش تیمار تنش خشکی، نشاها به مدت شش ساعت در شش روز متوالی در دمای سه درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از آن در مزرعه کاشته شدند. نتایج نشان داد که پیش تیمار خشکی تاثیر معنی‌داری در افزایش رشد و عملکرد گوجه فرنگی در شرایط مزرعه دارد. گیاهانی که پیش تیمار نشده بودند پس از تیمار سرمایی رشد کمی در شرایط مزرعه داشتند و همچنین عملکرد آن‌ها پایین‌تر بود. پیش تیمار خشکی سبب افزایش اندازه میوه، افزایش عمر ماندگاری آن و کاهش تعداد میوه‌های دارای پوسیدگی گلگاه شد. بالاترین رشد و عملکرد کل میوه در کاربرد ۱۰ درصد PEG به دست آمد. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که پیش تیمار خشکی می‌تواند به طور موثری برای حفاظت نشاهای گوجه فرنگی از آسیب ایجاد شده به وسیله تنش دمای پایین در مراحل اولیه رشد استفاده شود و سبب رشد و عملکرد بهتر گوجه فرنگی در شرایط مزرعه می‌شود.

واژهای کلیدی: پوسیدگی گلگاه، تنش، سرمازدگی، مقاوم‌سازی، مقاومت تقاطعی

مقدمه

گوجه فرنگی با نام علمی *Lycopersicun esculentum* Mill. از خانواده Solanaceae، گیاهی علفی و چندساله است که غالباً به‌صورت یک‌ساله کشت می‌شود. بر اساس آمار موجود، ایران با تولید ۶/۱ میلیون تن گوجه‌فرنگی در سال ۲۰۱۳، پس از کشورهای چین، هند، آمریکا، ترکیه و مصر، ششمین کشور عمده تولیدکننده این محصول می‌باشد و حدود ۴ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است (۱۰). گوجه فرنگی از مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آمریکای جنوبی و مرکزی منشأ گرفته است، با این وجود این محصول به‌صورت تجاری در بسیاری از مناطق معتدل کشت می‌شود و در این مناطق حداقل در بخشی از فصل رشد در معرض دماهای پایین قرار می‌گیرد. دماهای بین صفر تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد (دماهای سرمازدگی) سبب آسیب به بسیاری از گیاهان با منشأ گرمسیری ازجمله گوجه فرنگی می‌شوند. اغلب گونه‌های تجاری گوجه فرنگی به تنش سرما حساس هستند و در مراحل مختلف رشد خود از سرما آسیب می‌بینند (۲۲). در اغلب مناطق کشت تجاری گوجه فرنگی در اوایل فصل رشد دما مناسب و آسمان صاف است که منجر به کاهش دمای شب و عصر می‌شود (۱۲). در مناطق معتدله نیز نوسانات دمایی در اوایل فصل رشد اتفاق می‌افتد. در این شرایط، گیاهچه‌های جوان در معرض ترکیبی از نور زیاد و دمای کم و یا نوسانات دمایی قرار می‌گیرند. که منجر به ایجاد تنش، تولید رادیکال‌های آزاد و کاهش فتوسنتز می‌گردد (۲).

تغییر شرایط محیطی و تکنیک‌های کاشت در خزانه می‌تواند درجاتی از مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاه را به وجود آورد. برای مثال کمبود آب بر جنبه‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی وابسته به مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی تأثیر می‌گذارد. تنظیم اسمزی، تغییر در میزان هورمون‌ها و هدایت روزنه‌ای، کاهش رشد قسمت هوایی، افزایش رشد ریشه‌ها ازجمله این اثرها می‌باشند (۵)

۱- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: F.ghanbari@ilam.ac.ir)
۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i1.82485

که ممکن است سبب مقاومت گیاهان به تنش‌های بعدی شود. این پدیده مقاومت تقاطعی یا سازگاری تقاطعی[1] نامیده می‌شود؛ به این معنی که اعمال شرایط تنش بر روی گیاهان ممکن است سبب مقاومت آن‌ها به تنش‌های بعدی شود (۷). خشکی و دیگر تنش‌های محیطی در سراسر زندگی گیاهان اتفاق می‌افتند. گیاهان برای زنده‌مانی در شرایط تنش‌های محیطی که مدام در حال تکرار هستند به تنش پاسخ می‌دهند که ممکن است این واکنش متفاوت از پاسخ به تنش اولیه باشد. پاسخ‌های متفاوت به تنش‌های مشابه تحت عنوان حافظه تنش شناخته می‌شود (۴). در طول این فرآیند واکنش هماهنگ در سطوح سلولی، ژنومی و سازمانی گیاه سبب تحمل شرایط تنش توسط گیاه می‌گردد. به‌منظور ارزیابی تأثیر حافظه تنش طولانی بر عملکرد غده و مقاومت به تنش در گیاه سیب‌زمینی، غده‌های سیب‌زمینی در گیاهانی تولید شد که تحت شرایط خشکی و آبیاری کامل بودند. این غده‌ها سپس تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد غده هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط تنش کم‌آبی در کشت غده‌های قرار گرفته در معرض تنش خشکی مشاهده شد. به‌علاوه در این آزمایش مشاهده شد که حافظه تنش طولانی‌مدت در گیاه سیب‌زمینی به‌شدت وابسته به نوع رقم است (۲۱). در نوعی گراس عکس‌العمل گیاه به خشکی دوم (پس از دریافت پیش تیمار خشکی) مورد مطالعه قرار گرفت (۲۷). نتایج نشان داد که درصد زیست‌توده در گیاهانی که پیش تیمار خشکی شده بودند از گیاهانی شاهد (بدون پیش تیمار) بیشتر بود. بسیاری از مطالعات وجود حافظه تنش طولانی و کوتاه‌مدت را در گیاهان ثابت کردند (۲۷ و ۲۸). به‌علاوه گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله رویشی سبب بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فتوسنتز گیاهان تحت تنش سرمایی در مراحل بعدی رشد می‌شود (۱۶). با وجود این شواهد، مکانیسم اساسی حافظه تقاطعی تنش به‌خوبی شناخته نشده است. این احتمال وجود دارد که مقاومت تقاطعی بین تنش‌های شوری، خشکی، فلزات سنگین، گرما و سرما به دلیل نتایج مشترک این تنش‌ها بر گیاهان باشد (۶). این پدیده به این خاطر است که، هنگامی‌که فراوانی تنش‌ها افزایش می‌یابد، گیاهان در فاصله بین دو تنش به شرایط قبل از تنش اول بر نمی‌گردند، بنابراین پاسخ‌های دفاعی گیاه در تنش‌های بعدی تکرار می‌شوند. همانند یک حافظه تنش[2]، که پس از شرایط تنش باقی می‌ماند، ممکن است سبب پاسخ‌های سریع‌تر و افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های بعدی شود (۲۶). با توجه به مطالب شرح داده‌شده در این تحقیق اثرهای پیش تیمارهای خشکی و سرما در مرحله اولیه بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه بررسی شده است تا بتوان واکنش‌های گیاه به این تیمارها را در سطح مزرعه ارزیابی کرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش از تاریخ ۲۰ فروردین ۱۳۹۵ تا تاریخ ۱۲ مهر ۱۳۹۵ در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام گرفت.

در این آزمایش از بذر گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات (*Lycopersicon esculentum* cv. Falat CH) تولید شده در شرکت فلات ایران استفاده شد. این رقم در بین کشاورزان منطقه محبوبیت خاصی دارد. رقمی زودرس، پر محصول، پاکوتاه و مقاوم به بیماری‌های فوزاریوم و ورتیسیلیوم می‌باشد. ابتدا بذرهای گیاه گوجه‌فرنگی در سینی‌های کاشت دارای ۴۸ چاهک با اندازه قطر دهانه، ارتفاع و قطر ته چاهک به ترتیب ۶، ۶/۲، ۴ سانتی‌متر کشت شدند. محیط کشت مورد استفاده با نسبت ۲:۱ پرلایت و ورمیکولایت بود که پس از اختلاط کامل و شستشوی اولیه به‌اندازه ۴۰ گرم برای هر چاهک استفاده شد. سینی‌های کاشت در گلخانه با نور طبیعی و دمای روزانه حدود ۲۵ و شبانه حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای جلوگیری از کمبود عناصر غذایی آبیاری نشاها به‌صورت یک روز در میان با استفاده از غلظت یک در هزار کود کامل فوسامکو بیو[3] (حاوی مواد غذایی: ازت ۱۰۰، فسفر ۴۰، پتاسیم ۷۰، منیزیوم ۱/۸، منگنز ۱/۳، مس ۱، روی ۰/۷، بر ۰/۲، آهن ۰/۰۷ و مولیبدن ۰/۰۳ گرم بر لیتر و همچنین حاوی عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم[4]) انجام گرفت. پس از سبز شدن نشاها در چند مرحله عمل تنک کردن و حذف نشای غیر یکسان انجام و درنهایت درون هر چاهک یک نشا باقی ماند.

آزمایشی به‌صورت فاکتوریل ۲×۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در هر تکرار شامل ۱۶ گیاه (در مجموع ۲۸۸ گیاه) انجام گرفت. در مرحله چهار برگ کاملاً توسعه‌یافته گیاهچه های حاصله به مدت یک هفته، تحت پیش تیمار تنش خشکی با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول با وزن مولکولی ۶۰۰۰ در سه سطح شاهد (آب مقطر)، تنش متوسط (۱۰ درصد PEG، معادل پتانسیل اسمزی ۰/۱۸۳- مگاپاسکال) و تنش شدید (۲۰ درصد PEG، معادل پتانسیل اسمزی ۰/۵۷۷- مگاپاسکال) قرار گرفتند. برای اجتناب از شوک ناگهانی به نشاها، پیش تیمار تنش خشکی به‌صورت ملایم در طی سه روز و هر روز افزایش یک‌سوم غلظت موردنظر اعمال شد. مقادیر موردنیاز PEG برای ایجاد پتانسیل‌های اسمزی موردنظر بر اساس اضافه کردن PEG به محلول آبیاری انجام شد. پس از اعمال خشکی

1- Cross-resistance or Cross-adaptation
2- Stress memory
3- Phosamco Bio
4- *Ascophyllum nodosum*

و فرصت ۴۸ ساعته بازیابی، گیاهچه‌ها تحت تیمار سرمایی در دو سطح شرایط بدون سرما (نگهداری در گلخانه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب، به‌عنوان شاهد) و شرایط سرما قرار گرفتند. برای اعمال تنش سرما گیاهچه‌ها به سردخانه با دمای ۳ درجه سانتی‌گراد به مدت شش روز و در هر روز به مدت شش ساعت منتقل شدند . قبل از اعمال تیمار سرمایی نشاها ۶ ساعت در روز به ترتیب در سه روز متوالی در دماهای ۲۰، ۱۵ و ۱۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. تیمار سرمایی در فاصله زمانی ساعت ۱۲ شب تا ۶ صبح انجام گرفت. بعد از پایان تیمار سرمایی نشاهای تولید شده به مزرعه منتقل شدند.

برای تهیه زمین موردنیاز برای کاشت ابتدا تمام بقایای علف‌های هرز، سنگ‌ها و کلوخه‌ها جمع‌آوری شد. سپس به کمک بیل دستی تمام خاک مزرعه تا عمق ۳۰ سانتی‌متر شخم زده شد. جوی و پشته‌ها بر اساس فاصله کاشت ۴۰ در ۹۰ سانتی‌متری تهیه شد و قبل از کاشت آبیاری کامل مزرعه انجام گرفت. در تاریخ ۱۰ خردادماه ۱۳۹۵ انتقال نشا به مزرعه صورت گرفت. کشت به‌صورت دو ردیفه و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر و بین ردیف‌ها نیز ۹۰ سانتی‌متر بود. در طول مدت آزمایش از زمان کاشت تا برداشت مراقبت‌های زراعی شامل وجین علف‌های هرز، آبیاری، هدایت بوته‌ها به سمت پشته‌ها و مبارزه با آفات صورت گرفت. همچنین آبیاری به‌صورت جوی و پشته با استفاده از آب چاه موجود در مزرعه انجام گرفت. در پایان آزمایش وزن خشک بوته، ارتفاع و قطر بوته، عملکرد کل، تعداد میوه و تعداد میوه دارای پوسیدگی گلگاه، طول میوه، قطر میوه، زمان گلدهی و میوه دهی اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری عمر پس از برداشت، میوه‌ها را در مرحله رسیده سفت چیده و در شرایط مساوی و در دمای اتاق نگه‌داری شدند. به‌محض مشاهده کوچک‌ترین علائم چروکیدگی، فرورفتگی و یا شل شدگی در میوه‌ها، به‌منزله پایان عمر آن‌ها تلقی گردید. تعداد روز از زمان برداشت تا بروز علایم تعیین شده برای پیری به‌عنوان عمر پس از برداشت ثبت گردید. میانگین عمر پس از برداشت میوه‌های هر بوته و بوته‌های هر تکرار به ترتیب به‌عنوان میانگین عمر پس از برداشت هر بوته و تکرار معرفی گردید (۱۷). پس از برش عرضی میوه‌ها از وسط، ضخامت دیواره پریکارپ (میوه) در ضخیم‌ترین بخش آن به‌وسیله کولیس اندازه‌گیری و میانگین آن به‌عنوان ضخامت دیواره تخمدان برای آن تکرار گزارش شد (۹).

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق به کمک نرم‌افزار SAS-9.1 تجزیه آماری شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد کل و تعداد میوه در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی و اثر متقابل خشکی ×سرما بر عملکرد کل در سطح پنج درصد و بر تعداد میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. همچنین اثر اصلی تنش سرما بر تعداد میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات رشدی و عملکرد گیاه گوجه فرنگی رقم سی اچ فلات پس از پیش تیمار خشکی و تنش سرما

Table 1- ANOVA of growth parameters and yield of tomato plant cv. Falat CH after drought and chilling pretreatments

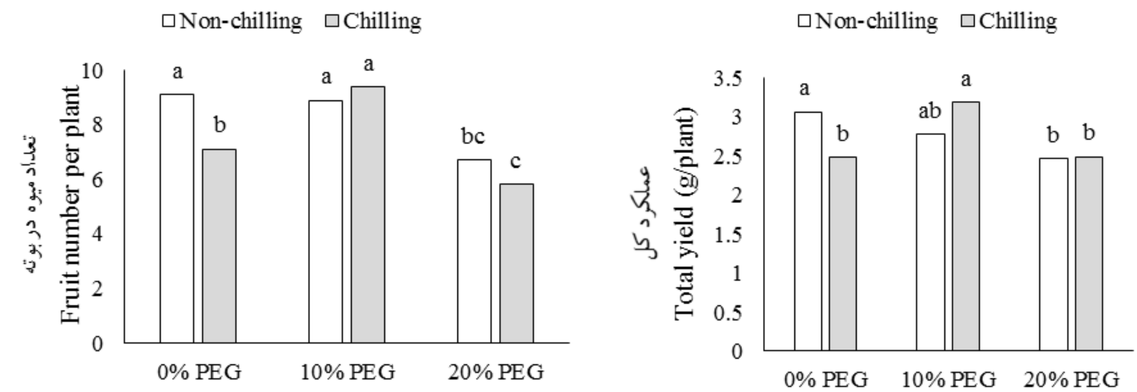
منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد Yeild	تعداد میوه Fruit number	میوه پوسیده گلگاه Blossom end rot	ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	وزن خشک بوته Plant dry weight
بلوک Block	2	0.10	0.09	5.79	9.02	1.72	112
خشکی Drought	2	0.38*	12.75**	27.91**	261.92**	1.39 ns	388*
سرما Chilling	1	0.01ns	2.64**	5.19 ns	0.92 ns	0.58 ns	10 ns
خشکی × سرما Drought×Chilling	2	0.37*	2.30**	2.27 ns	50.56**	6.85*	331*
خطای آزمایشی Erorr	10	0.08	0.25	2.22	4.55	1.40	76
ضریب تغییرات C.V (%)	-	10.47	6.39	11.59	3.61	9.48	16.67

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری.

** and * indicate significant at the 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively, and ns indicates non- significant.

مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد کـه تـنش سـرمایی در سـطوح مختلـف خشـکی تـأثیر متفـاوتی بـر عملکـرد کـل در گیـاه گوجه‌فرنگی داشت. در شـرایط عـدم تـنش خشـکی (شـاهد)، تـنش سرمایی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد شد ولی در پـیش تیمـار ۱۰ و ۲۰ درصد PEG، تنش سرما نسبت به تیمار عدم اعمال سرما تـأثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. به‌عبارت‌دیگر کاربرد PEG سبب حفـظ عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعـه شـد. پـیش تیمـار ۲۰ درصـد PEG صرف‌نظر از تنش سرما سبب کـاهش معنـی‌دار عملکـرد کـل نسبت به شاهد شد درحالی‌که پیش تیمـار ۱۰ درصـد PEG اخـتلاف آماری معنی‌داری با شاهد نداشت. بیشترین میزان عملکرد (۸۲۷ گـرم در بوته) در پیش تیمار ترکیبی تنش خشکی ۱۰ درصد PEG و تـنش سرما به دست آمد که البته اختلاف آماری معنی‌داری با شاهد خشکی و بدون سرما (۷۹۶ گرم در بوتـه) و پـیش تیمـار ۱۰ درصـد PEG و بدون سرما (۷۲۲ گرم در بوته) نداشت (شکل ۱).

نتایج مقایسه میانگین در مورد تعداد میوه در بوتـه نشـان داد کـه پیش تیمار تنش خشکی ایجاد شده به وسیله PEG تـأثیر معنـی‌داری در حفظ این صفت و جلوگیری از کاهش آن در شرایط تنش سـرمایی داشت. در شرایط عدم تنش خشکی (شاهد) تنش سرمایی تعداد میـوه برای هر بوته را به میزان ۲ عدد کاهش داد کـه ایـن اخـتلاف ازنظـر آماری معنی دار بود. پـیش تیمـار ۱۰ درصـد PEG، اخـتلاف آمـاری معنی‌داری با پیش تیمار شاهد (بـدون تـنش خشـکی و بـدون تـنش سرمایی) نداشت ولـی پـیش تیمـار ۲۰ درصـد PEG سـبب کـاهش معنی‌دار آن نسبت به شاهد شد (شکل ۱).



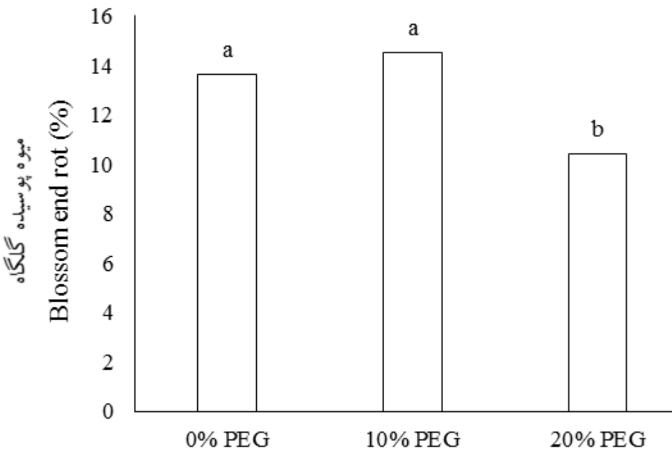
شکل ۱- اثر تنش خشکی ناشی از PEG و تنش سرمایی بر عملکرد کل و تعداد میوه در بوته در گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات

Figure 1- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) and chilling stress on yield and fruit number of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, $p \leq 0.05$)

عملکرد گوجه‌فرنگی تحت تأثیر میزان نور دریافت شده و تقسـیم آسیمیلات‌های تولید شده بـین رشـد رویشـی و رشـد زایشـی تعیـین می‌گردد (۱۸). دما به‌صورت غیرمستقیم از طریق تأثیر بر سرعت نمو، تشکیل میوه و ریزش گل‌ها بر روی تقسیم‌بندی آسـیمیلات‌هـا تـأثیر می‌گذارد (۱). بنابراین دما تأثیر به سـزایی در عملکـرد و پارامترهـای وابسته به آن در گوجه‌فرنگی دارد. از طرف دیگر گیاه گوجه‌فرنگی در تمام مراحل رشد خود به تـنش سـرمایی حسـاس اسـت(۲۲) و تـنش سرمایی در مرحله نشا با تأخیر بر رشد و نمو گیـاه مـی‌توانـد عملکـرد نهایی محصول را تحت تـأثیر قـرار دهـد (۲۵). در ایـن تحقیـق نیـز نشاهایی که با خشکی پیش تیمـار نشـده بودنـد در اثـر تـنش سـرما عملکرد و تعداد میوه در بوته کمتری داشتند. در مـورد تـأثیر مقاومـت تقاطعی بر عملکرد نهایی گیاهان گزارش‌های اندکی منتشرشده اسـت و در بیشتر مطالعات بحث مقاوم‌سازی گیاهچه‌ها مطـرح بـوده اسـت. رامیرز و همکاران (۲۱) گـزارش کردنـد کـه تـنش خشـکی در گیـاه سیب‌زمینی منجر به تولید غده‌هایی خواهد شد که در شرایط کـم‌آبـی عملکرد بالاتری خواهند داشت. ونگ و همکاران (۲۸) نشان دادند که تنش خشکی در مرحله قبل از گلدهی در گیاه گندم سـبب تحمـل آن به شرایط تنش بعد از گلدهی خواهد شد و درنهایت عملکـرد دانـه در شرایط خشکی را افزایش خواهد داد. این نتایج نشان می‌دهـد کـه در گیاهـان حافظـه تـنش طـولانی‌مـدت وجـود دارد کـه در بسـیاری از مطالعات اثبات‌شده است (۲۷). در این تحقیق نیز پـیش پـیش تیمـار گوجه‌فرنگی با PEG سبب جلوگیری از کاهش عملکرد در گیـاه شـد ولی این پیش تیمار در غلظت ۱۰ درصد قابل توصیه است زیرا غلظت ۲۰ درصد PEG به‌کاررفته سبب کاهش تعداد میوه در بوته و عملکرد نهایی گوجه شد.

درصد میوه پوسیده گلگاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی بر درصد میوه پوسیده گلگاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر اصلی تنش سرمایی و اثر متقابل تنش خشکی×تنش سرما بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرهای اصلی تنش خشکی نشان داد که تنش خشکی ایجادشده با ۲۰ درصد PEG سبب کاهش معنی‌دار درصد میوه‌های پوسیده گلگاه نسبت به شاهد (عدم تنش خشکی) شد (شکل ۲).



شکل ۲- اثر تنش خشکی ناشی از PEG بر درصد میوه پوسیده گلگاه در گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات

Figure 2- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) on blossom end rot-fruit percentage of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, *p≤0.05*)

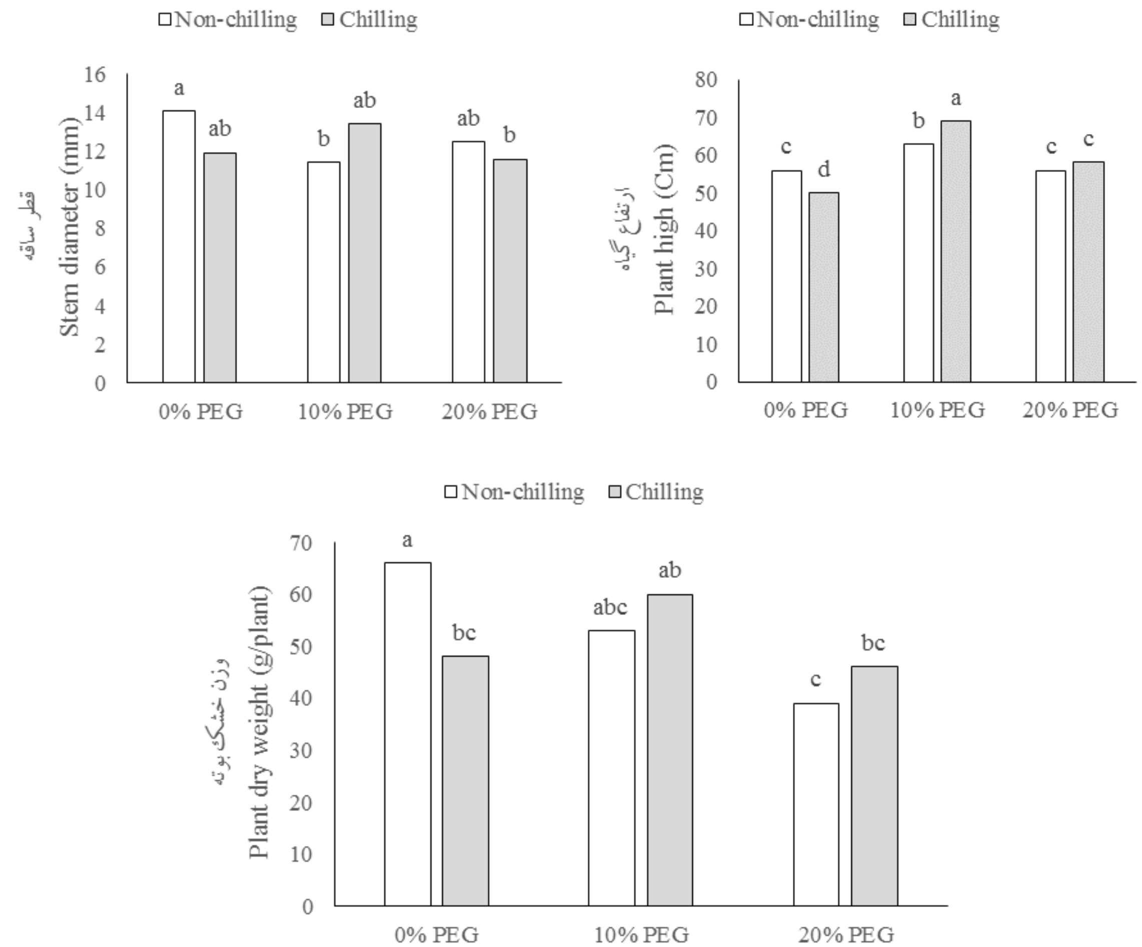
عارضه فیزیولوژیکی پوسیدگی گلگاه در برخی محصولات ازجمله گوجه‌فرنگی به علت عدم جذب کلسیم در شرایط کاهش رطوبت خاک به وجود می‌آید و در اثر نوسانات رطوبتی تشدید می شود. اگر میزان آب محدود باشد این عارضه نشانهٔ کاهش غلظت کلسیم در گیاه است (۱۲). گزارش‌های از تأثیر تنش خشکی بر افزایش تولید میوه‌های پوسیده گلگاه در گوجه‌فرنگی منتشرشده است (۲۳). در این گزارش‌ها بیشتر بحث تنش خشکی در مرحله گیاه کامل مطرح بوده است و در دانش ما گزارشی از تأثیر تنش خشکی در مرحله نشا بر این صفت وجود ندارد. در این تحقیق نیز پیش تیمار تنش خشکی در سطح ۱۰ درصد PEG تأثیر معنی‌داری بر درصد میوه‌های پوسیده گلگاه نداشت و پیش تیمار خشکی ۲۰ درصد PEG سبب کاهش این عارضه شد. همچنین نتایج نشان داد که پیش تیمار خشکی با ۱۰ درصد PEG سبب افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی شد. این نتایج نشان می‌دهد که تنش خشکی در مرحله نشا سبب افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی بدون اثرهای مضر بر کیفیت میوه می‌شود.

پارامترهای رشدی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی بر ارتفاع گیاه در سطح یک درصد و بر وزن خشک بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل خشکی×سرما بر ارتفاع گیاه در سطح یک درصد و بر قطر ساقه و وزن خشک بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که تنش سرمایی در شرایط عدم تنش خشکی (شاهد) نسبت به عدم سرما سبب کاهش پارامترهای رشدی بوته شامل ارتفاع، قطر ساقه و وزن خشک بوته شد. در سطح ۱۰ درصد PEG، تنش سرمایی نسبت به عدم سرما سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه شد و بر وزن خشک بوته و قطر ساقه تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین نتایج نشان داد که در سطح ۲۰ درصد PEG، تنش سرمایی تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت (شکل ۳). از طرف دیگر پیش تیمار ۱۰ درصد PEG در هر دو سطح تنش سرمایی سبب افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد (عدم تنش خشکی) شد (شکل ۳).

کورکماز و دوفالت (۱۴) گزارش کردند که تنش سرمایی در مرحله نشا با تأخیر در رشد و نمو گیاه سبب کاهش رشد و عملکرد آن در شرایط مزرعه می‌شود. در تحقیق حاضر تنش سرمایی در مرحله نشا سبب کاهش رشد گیاه در شرایط مزرعه شد. به نظر می‌رسد که تنش سرمایی سبب کاهش رشد نشا شده و این اثر در مراحل رشدی بعدی گیاه باقی می‌ماند. به نظر می‌رسد که پیش تیمار خشکی می‌تواند کاهش رشد گیاهان در اثر تنش سرمایی را جبران کند. همان‌طوری که از نتایج مشخص شد نشاهایی که با ۱۰ و ۲۰ درصد PEG پیش تیمار شده بودند در تنش سرمایی هیچ‌گونه کاهش رشدی در شرایط مزرعه نداشتند و حتی در برخی موارد (ارتفاع گیاه در پیش تیمار ۱۰ درصد PEG) پیش تیمار خشکی، سبب افزایش رشد آن‌ها

در شرایط مزرعه شد. به‌طور مشابه کایولا و همکاران (۷) با بررسی مقاومت تقاطعی بین خشکی و شوری در گیاه گوجه‌فرنگی گزارش کردند که آثار تنش خشکی در مرحله نشا ۵ برگی در تمام مراحل رشد گیاه باقی می‌ماند و سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه تحت تنش شوری در مراحل بعدی رشد می‌شود. در گیاه آرابیدوپسیس گیاهان پیش تیمار شده با خشکی تحمل بیشتری به خشکی ثانویه داشتند و رشد و نمو بالاتری نشان دادند (۲۴). به‌علاوه گزارش‌شده است که تنش خشکی در مرحله رویشی سبب بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فتوسنتز گیاهان تحت تنش سرمایی در مراحل بعدی رشد می‌شود (۱۶). این نتایج نشان می‌دهد که شوک مصنوعی ایجادشده به‌وسیله تنش خشکی در گیاهان سبب تحمل بهتر آن‌ها در برابر تنش‌های بعدی شده و رشد آن‌ها را در شرایط تنش حفظ می‌کند.



شکل ۳- اثر تنش خشکی ناشی از PEG و تنش سرمایی بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه و وزن خشک بوته در گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات

Figure 3- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) and chilling stress on plant height, stem diameter and dry weight of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, *p≤0.05*)

طول، قطر و نسبت طول به قطر میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای اصلی تنش خشکی بر طول و نسبت طول به قطر میوه در سطح یک درصد و بر قطر میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. اثر اصلی تنش سرما بر طول میوه و قطر میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثرهای متقابل خشکی×سرما بر قطر میوه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنش خشکی ایجادشده با PEG در هر دو غلظت بکار رفته سبب افزایش معنی‌دار طول میوه و نسبت طول به قطر شد. تنش سرمایی نسبت به عدم سرما طول میوه را کاهش داد. مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که در کاربرد صفر و ۲۰ درصد PEG، تنش سرمایی سبب کاهش معنی‌دار قطر میوه شده ولی در سطح ۱۰ درصد PEG، سرما تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (شکل ۴).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات کمی و کیفی در گیاه گوجه فرنگی رقم سی اچ فلات پس از پیش تیمار خشکی و تنش سرما

Table 2- Anova results quantitative and qualitative of tomato plant cv. Falat CH after drought and chilling pretreatments

منبع تغییر **S.O.V**	درجه آزادی **df**	طول میوه **Fruit length**	قطر میوه **Fruit diameter**	نسبت طول به قطر **Length/ diameter ratio**	روز تا گلدهی **Days to flowering**	روز تا میوه دهی **Days to fruiting**	عمر پس از برداشت **Postharvest life**	ضخامت دیواره تخمدان **Pricarp wall tickness**
بلوک Block		0.023		0.016	3.84	13.16	0.41	0.00845
خشکی Drought	2	1.403**	0.38*	0.0288**	93.36**	99.38**	20.40**	0.00901**
سرما Chilling	1	0.435**	1.07**	0.0018 ns	45.44*	9.68 ns	0.34 ns	0.00002 ns
خشکی × سرما Drought×Chilling	2	0.007 ns	0.29*	0.0045 ns	43.05*	101.62**	1.00 ns	0.00040 ns
خطای آزمایشی Erorr	10	0.035	0.05	0.0022	7.33	6.48	0.41	0.00116
ضریب تغییرات C.V (%)	-	3.47	4.13	5.38	6.65	4.03	6.53	3.9

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری.

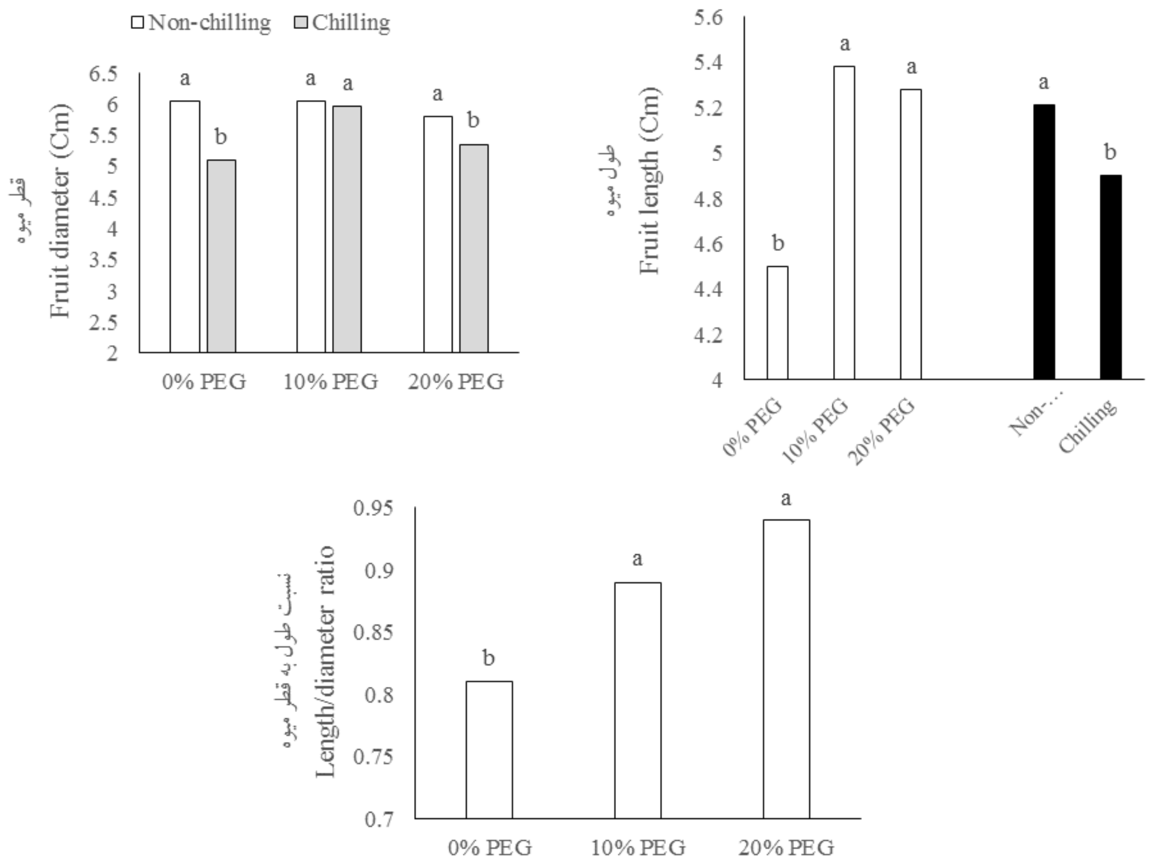
** and * indicate significant at the 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively, and ns indicates non- significant.

گزارش‌شده است که تنش سرمایی به‌صورت مستقیم از طریق اختلال در واکنش‌های متابولیکی و به‌صورت غیرمستقیم از طریق جلوگیری از جذب آب توسط گیاه و تنش اکسیداتیو، پتانسیل ژنتیکی گیاهان برای تولید مناسب را تغییر می‌دهد و بنابراین اثر مخربی بر رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان دارد (۱۱و ۱۵). در تحقیق حاضر پیش تیمار خشکی اثرهای مخرب تنش سرمایی بر اندازه میوه را کاهش داد. این نتایج نشان می‌دهد که پیش تیمار خشکی (به‌ویژه ۱۰ درصد PEG) تأثیر معنی‌داری در افزایش اندازه میوه و جلوگیری از کاهش حجم آن در اثر تیمار سرمایی دارد. به‌طور مشابه پارادوسی و همکاران (۲۰) گزارش کردند که تنش کمبود آب در گیاه گوجه‌فرنگی سبب افزایش تحمل آن به سرما شد و رشد نشاء گوجه‌فرنگی و میزان عملکرد آن را در شرایط سرد گلخانه حفظ کرد. تاکنون گزارشی از اثرهای متقابل تنش‌های محیطی بر اندازه میوه گزارش نشده است ولی اثرهای تنش خشکی بر میوه گوجه‌فرنگی بررسی‌شده است. به‌عنوان‌مثال دهقان و همکاران (۸) گزارش کردند که تنش خشکی سبب کاهش رشد ریشه و اندام هوایی و درنتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی در گوجه‌فرنگی شده که باعث کاهش قطر میوه خواهد شد. در تحقیق حاضر پیش تیمار خشکی در مرحله نشا اعمال شد پس بنابراین نتایج متفاوت در پی داشت.

گلدهی و میوه‌دهی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی در سطح یک درصد آماری بر تعداد روز تا گلدهی و میوه دهی معنی‌دار شد. اثر اصلی تنش سرمایی بر تعداد روز تا اولین گلدهی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی×سرما بر تعداد روز تا گلدهی در سطح پنج درصد و بر تعداد روز تا میوه دهی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که در شاهد خشکی، تنش سرمایی تعداد روز برای گلدهی و میوه دهی را افزایش داد که نشان‌دهنده تأخیر رشد و نمو در این گیاه می‌باشد. در پیش تیمار ۱۰ و ۲۰ درصد PEG، تنش سرمایی تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. بیشترین تعداد روز تا گلدهی (۴۵ روز) در پیش تیمار ترکیبی ۲۰ درصد PEG و تنش سرمایی و کمترین آن (۳۲ روز) در تیمار ترکیبی بدون تنش سرمایی و بدون تنش خشکی مشاهده شد (شکل ۵). همچنین بیشترین روز تا میوه‌دهی (۶۸ روز) در تیمار ترکیبی ۲۰ درصد PEG و بدون تنش سرمایی و کمترین آن (۵۴ روز) در تیمار ترکیبی بدون تنش خشکی و بدون تنش سرمایی به دست آمد (شکل ۵).



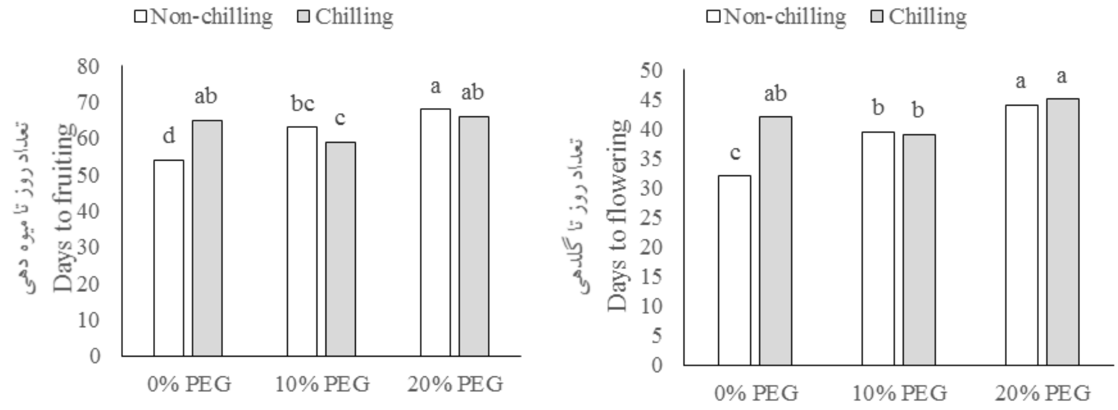
شکل ٤- اثر تنش خشکی ناشی از PEG و تنش سرمایی بر طول میوه، اثر متقابل خشکی×سرما بر قطر میوه و اثر اصلی تنش خشکی بر نسبت طول به قطر میوه در گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات

Figure 4- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) and chilling stress on fruit length, the effect of drought×chilling interaction on fruit diameter and main effect of drought stress on fruit length/diameter ratio of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, $p \leq 0.05$)

در این راستا گزارش شده است که تنش خشکی باعث زود گلدهی گوجه‌فرنگی می‌شود (۱۲). در تحقیقی دیگر، درجه-روز رشد برای گیاه گوجه‌فرنگی از زمان نشا تا میوه دهی در تیمار آبیاری کامل بیشترین و در تیمار قطع آبیاری کمترین بود. درواقع هر چه مقدار درجه روز بیشتر باشد، گیاه به دما و انرژی و درنتیجه زمان بیشتری برای طی کردن مراحل رشد و نمو خود نیاز دارد. بنابراین تیمار آبیاری کامل زمان بیشتری و تنش خشکی زمان کمتری برای میوه دهی و برداشت لازم دارد (۱۹). برخلاف این نتایج در تحقیق حاضر پیش تیمار خشکی در شرایط بدون تنش سرمایی سبب افزایش تعداد روز تا گلدهی و میوه دهی گوجه‌فرنگی شد. ولی در شرایط تنش سرمایی، گلدهی تحت تأثیر خشکی قرار نگرفت. علاوه بر این در شرایط تنش سرمایی، کاربرد ۱۰ درصد PEG، سبب کاهش معنی‌دار تعداد روز تا میوه دهی نسبت به شاهد شد. یاداف و همکاران (۲۹) گزارش کردند که شوک ایجاد شده به‌وسیله پراکسید هیدروژن سبب کاهش زمان گلدهی و افزایش تعداد میوه در گیاه فلفل تحت تنش شوری می‌شود که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. شواهد بیشتری از تأثیر مقاومت تقاطعی بر زمان گلدهی و میوه دهی گیاهان در دسترس نیست. به نظر می‌رسد که پیش تیمار خشکی سبب می‌شود که گیاه به نحو کاراتری به رشد خود در شرایط تنش ثانویه ادامه دهد. از آنجایی که در اکثر گیاهان برای ورود به مرحله زایشی، تولید یک رشد رویشی حداقل ضروری است. پس پیش تیمار خشکی با تداوم رشد و نمو گیاه در شرایط تنش، تعداد روز برای تشکیل اولین گل و به‌تبع آن میوه را کاهش می‌دهد. بدیهی است با کاهش تعداد روز برای اولین میوه دهی، زمان اولین برداشت نیز کاهش می‌یابد.

عمر پس از برداشت و ضخامت دیواره تخمدان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی بر عمر پس از برداشت و ضخامت دیواه تخمدان در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر اصلی تنش سرما و اثر متقابل خشکی×سرما بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲).

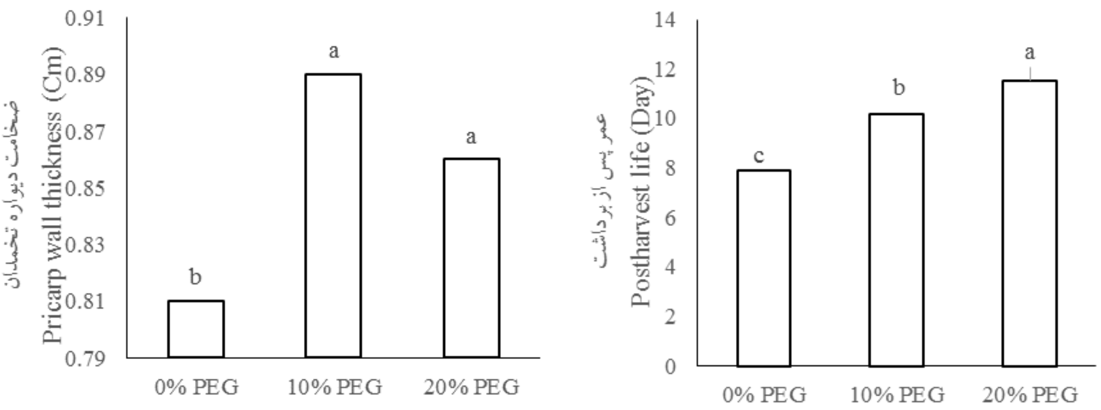


شکل ۵- اثر متقابل تنش خشکی ناشی از PEG و تنش سرمایی بر تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا میوه‌دهی گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات

Figure 5- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) and chilling stress on days to flowering and fruiting of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, $p \leq 0.05$)

مقایسه میانگین اثرهای اصلی تنش خشکی نشان داد کاربرد PEG در غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد به‌طور معنی‌داری سبب افزایش عمر پس از برداشت گوجه‌فرنگی شد. با افزایش غلظت، عمر پس از برداشت نیز افزایش یافت به طوری که بالاترین میزان عمر پس از برداشت در کاربرد ۲۰ درصد PEG مشاهده شد (شکل ۶). همچنین ضخامت دیواره تخمدان تحت تأثیر کاربرد PEG به‌طور معنی‌داری زیاد شد ولی غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد PEG اختلاف آماری معنی‌داری برای این صفت نداشتند(شکل ۶).

آلوینو و همکاران (۳) گزارش کردند که کم‌آبیاری باعث افزایش قابلیت نگهداری گوجه‌فرنگی می‌شود. زمردی و همکاران (۳۰) با بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر کمیت و کیفیت و عمر انباری گوجه‌فرنگی گزارش کردند که بیشترین قابلیت نگهداری با کمترین مقدار فساد در گوجه‌فرنگی در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل به دست می‌آید. آن‌ها گزارش کردند که دلیل آن ممکن است بالا بودن مواد جامد محلول حاصل از این پیش تیمارها باشد زیرا هرچقدر مقدار آب محصول کمتر باشد فساد آن نیز کمتر خواهد بود. خیری و همکاران (۱۳) گزارش کردند که تیمار خشکی سبب حفظ ویژگی‌های کیفی میوه گوجه‌فرنگی در طی نگهداری در انبار سرد می‌شود. در تحقیق حاضر نیز پیش تیمار خشکی با استفاده از PEG سبب افزایش ضخامت دیواره تخمدان و عمر پس از برداشت آن شد که ممکن است نشان‌دهنده حفظ آثار تنش اولیه در تمام مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه باشد که قبلاً در مورد گیاه سیب‌زمینی اثبات شده است (۲۱).



شکل ٦- اثر اصلی تنش خشکی ناشی از PEG بر عمر پس از برداشت و ضخامت دیواره تخمدان در گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات

Figure 6- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) on postharvest life and pericarp wall thickness of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, $p \leq 0.05$)

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که اثرهای پیش تیمار خشکی در مرحله نشا در مراحل بعدی رشد گوجه‌فرنگی باقی می‌ماند و می‌تواند اثرهای مفیدی بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه داشته باشد. پیش تیمار خشکی سبب افزایش عملکرد، تعداد و اندازه میوه، ارتفاع و قطر گیاه، وزن خشک بوته، عمر پس از برداشت و ضخامت دیواره تخمدان و کاهش درصد میوه‌های پوسیده گلگاه شد. این اثر در پیش تیمار سرمایی مشاهده نشد و در اکثر موارد تیمار سرمایی سبب اثر منفی بر رشد و نمو گوجه‌فرنگی شد. پیش تیمار ۱۰ درصد PEG اثرهای بهتری نسبت به پیش تیمار ۲۰ درصد PEG داشت زیرا عملکرد، تعداد میوه در بوته و پارامترهای رشدی در این تیمار بهتر بودند. این نتایج نشان می‌دهد که تنش خشکی شدید اگرچه ممکن است تحمل تنش سرمایی در نشا را بیشتر کند ولی به‌واسطه اثرهای منفی خشکی بالا بر گیاه درنهایت بر رشد و عملکرد گیاهان در شرایط مزرعه تأثیر منفی می‌گذارد.

منابع

1- Adams S.R., Cockshull K.E., and Cave C.R.J. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. Annals of Botany 88(5): 869-877.

2- Allen D.J., and Ort D.R. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. Trends in Plant Science 6(1): 36-42.

3- Alvino A., d'Andria R., and Zerbi G. 1985. Fruit ripening of different tomato cultivars as influenced by irrigation regime and time of harvesting. In IV International Symposium on Water Supply and Irrigation in the Open and under Protected Cultivation 228: 137-146.

4- Avramova Z. 2015. Transcriptional memory of a stress: transient chromatin and memory (epigenetic) marks at stress-response genes. The Plant Journal 83(1): 149-159.

5- Banon S., Ochoa J., Franco J.A., Sánchez-Blanco M.J., and Alarcon J.J. 2003. Influence of water deficit and low air humidity in the nursery on survival of *Rhamnus alaternus* seedlings following planting. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 78(4): 518-522.

6- Bartoli C.G., Casalongué C.A., Simontacchi M., Marquez-Garcia B., and Foyer C.H. 2013. Interactions between hormone and redox signalling pathways in the control of growth and cross tolerance to stress. Environmental and Experimental Botany 94: 73-88.

7- Cayuela E., Muñoz-Mayor A., Vicente-Agulló F., Moyano E., Garcia-Abellan J.O., Estañ M.T., and Bolarín M.C. 2007. Drought pretreatment increases the salinity resistance of tomato plants. Journal of plant nutrition and soil science 170(4): 479-484.

8- Dehghan H., Alizade A., Esmaili K., and Nemati S.H. 2013. Root growth, yield and yield components of tomato under drought stress. Water Research in Agriculture 29: 169- 179. (In Persian with English abstract)

9- Esmayilzade Z., and Saidi M. 2010. An evaluation of the effecs of plastic and organic mulches and different shading levels on yield and quality of tomato in term of water (*Lycopersicon esculentum* Mill). Iranian Journal of Horticultural Sciences 43 (4): 463-471. (In Persian with English abstract)

10- FAO, F. A. O. S. T. A. T. (2013). Food and agriculture organisation of the United Nations. Retrieved on, 11. 6. 2013.

11- Hussain H.A., Hussain S., Khaliq A., Ashraf U., Anjum S.A., Men S., and Wang L. 2018. Chilling and drought stresses in crop plants: implications, cross talk, and potential management opportunities. Frontiers in plant science 9: 393.

12- Jones J. 2007. Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. CRC press.

13- Khairi A.N., Falah M.A.F., Suyantohadi A., Takahashi N., and Nishina H. 2015. Effect of storage temperatures on color of tomato fruit (*Solanum Lycopersicum* Mill.) cultivated under moderate water stress treatment. Agriculture and Agricultural Science Procedia 3: 178-183.

14- Korkmaz A., and Dufault R. J. 2001. Developmental consequences of cold temperature stress at transplanting on seedling and field growth and yield. I. Watermelon. Journal of the American Society for Horticultural Science 126(4): 404-409.

15- Krasensky J., and Jonak C. 2012. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. Journal of experimental botany 63(4): 1593-1608.

16- Li X., Topbjerg H.B., Jiang D., and Liu F. 2015. Drought priming at vegetative stage improves the antioxidant capacity and photosynthesis performance of wheat exposed to a short-term low temperature stress at jointing stage. Plant and soil 393(1-2): 307-318.

17- Moneruzzaman K.M., Hossain A., Sani W., Saifuddin M., and Alenazi M. 2009. Effect of harvesting and storage conditions on the post harvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv. Roma VF. Australian Journal

of Crop Science 3(2): 113.
18- Newton P., Sahraoui R., and Economakis C. 1999. The influence of air temperature on truss weight of tomatoes. Acta Horticulturae 43-50.
19- Noormehnad N., Noori M.R., Ghorbani B., Mohammad Khani A.R. 2007. Investigation of the impact of traditional irrigation and partial irrigation on yield and water use efecincy in tomato plants. 9th National Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman, Iran. (In Persian with English abstract)
20- Pardossi A., Tognoni F., and Lovemore S.S. 1987. The effect of different hardening treatments on tomato seedling growth, chilling resistance and crop production in cold greenhouse. In Symposium on Biological Aspects of Energy Saving in Protected Cultivation 229: 371-378.
21- Ramírez D.A., Rolando J.L., Yactayo W., Monneveux P., Mares V., and Quiroz R. 2015. Improving potato drought tolerance through the induction of long-term water stress memory. Plant Science 238: 26-32.
22- Razdan M.K. 2006. Genetic improvement of solanaceous crops volume 2: tomato. CRC Press.
23- Sajedinia H., Saidi M., Ghanbari F., Bagnazari M. 2018. Effects of superabsorbent polymer on yield and some characteristics of tomato under various irrigation regimes. Agricultural Science and Sustainable Production 28: 163-174. (In Persian with English abstract)
24- Sani E., Herzyk P., Perrella G., Colot V., and Amtmann A. 2013. Hyperosmotic priming of Arabidopsis seedlings establishes a long-term somatic memory accompanied by specific changes of the epigenome. Genome biology 14(6): 1-24.
25- Van Ploeg D., and Heuvelink E. 2005. Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: a review. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 80(6): 652-659.
26- Walter J., Jentsch A., Beierkuhnlein C., and Kreyling J. 2013. Ecological stress memory and cross stress tolerance in plants in the face of climate extremes. Environmental and Experimental Botany 94: 3-8.
27- Walter J., Nagy L., Hein R., Rascher U., Beierkuhnlein C., Willner E., and Jentsch A. 2011. Do plants remember drought? Hints towards a drought-memory in grasses. Environmental and Experimental Botany 71(1): 34-40.
28- Wang X., Vignjevic M., Liu F., Jacobsen S., Jiang D., and Wollenweber B. 2015. Drought priming at vegetative growth stages improves tolerance to drought and heat stresses occurring during grain filling in spring wheat. Plant Growth Regulation 75(3): 677-687.
29- Yadav P.V., Kumari M., and Ahmed Z. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in *capsicum*. Research Journal of Seed Science 4(3): 125-136.
30- Zomorodi Sh., Nourjo A., Emami A. 2006. Study the effects of deficit irrigation on the yield, quality and storability of tomato. Journal of Agricultural Engineering research 27: 19-30. (In Persian with English abstract)

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.1, Spring 2020, P. 171-183
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۱۸۳-۱۷۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Drought and Cold Treatments on Growth and Yield of Tomato in Field Conditions

F. Ghanbari[1*]- M. Sayyari[2]
Received: 31-08-2019
Accepted: 09-02-2020

Introduction: Due to its low level of calorie and being as an excellent source of C and A vitamins as well as containing lycopene as a powerful antioxidant, Tomato (*solanum lycopersicum*, 2n=2 x=24), is extensively consumed in the world. According to the statistics presented in 2013, following China, United States, Turkey and Egypt, Iran ranked sixth in tomato production (6174182 kg per year) world tomato production. Similar to other tropical crops, tomato is sensitive to chilling stress. The chilling stress is considered as one of the environmental factors influencing growth and development of many plants including tomato. Applying different environmental conditions and cultivation techniques within transplant production can mitigate the chilling stress of seedlings. The seedling hardening is one of the simple technique being employed to physiological characters of plant, so as to induce subsequent stress resistance. This phenomenon is so-called cross tolerance and it means that exposing plants to stressful conditions can induce plant tolerance to upcoming stresses. Therefore, the objective of our study was to investigate the effect of drought hardening and chilling stress on tomato plant growth and productivity in field condition.

Materials and Methods: This experiment was conducted in greenhouse and research laboratories of agricultural college of Bu Ali Sina University. First of all, the seeds of tomato cv. C.H Falat, were sown in pots filled with perlite and vermiculite (ratio 2:1) and then maintained under natural light and at 25±2°C / 18±2°C (day/night). At four-leaf full development stage, seedlings were subjected to seven-day drought stress simulated with polyethylene glycol 6000 (PEG) at three levels: control (0% PEG), moderate drought stress (10 % PEG equaling to 0.18 Mpa osmotic potential) and severe drought stress (20% PEG equaling to 0.57 Mpa osmotic potential). After employing different levels of drought stress and consequently placing them in recovery for 48 h, they were exposed to chilling stress and non-chilling stress condition. For imposing chilling stress, the seedlings were transferred into growth chamber under 3°C for 6 days and 6 h per day. After receiving chilling stress treatments, the produced seedlings, were planted in the field.

Results and Discussion: In the present study, drought pretreatment reduced the effects of cold stress on fruit yield and quality. Results revealed that, the growth and yield of tomato plants were significantly increased by drought stress pretreatment in field condition. Herein, Seedlings without receiving drought pretreatment slowly grew and gained lower yield than those receiving drought. Some traits such as higher fruit size and shelf life and low number of decayed end blossom fruits were gained by drought application. The highest growth and yield rates were obtained through 10% PEG. These results indicate that drought stress at seedling stage increases the yield of tomato without harmful effects on fruit quality. The results showed that in 0% PEG treatment (control), chilling stress increased the number of days for flowering and fruiting, which indicates the growth retardation in this plant under cold stress condition. Drought pre-treatment using PEG increased the thickness of the pericarp and its post-harvest life, which may indicate the maintenance of the effects of initial stress in all stages of vegetative and reproductive growth. It has been reported that cold stress directly affects the growth potential of plants that interfere with the proper production of plants by disrupting metabolic reactions and indirectly by preventing the absorption of water by plants and oxidative stress (Hussain et al., 2018). In the present study, pre-treatment of drought reduced the destructive effects of chilling stress on fruit size. These results show that pre-treatment of drought (especially 10% PEG) had a significant effect on increasing fruit size and preventing its fruit yield reduction due to cold treatment. Similarly, Paradosi et al. (1987) reported that water stress in tomato plants increased its tolerance to cold and maintained the growth of tomato plants and its yield in cold greenhouse conditions. So far, there have been no reports of interactions between environmental stresses on fruit size, but the

1- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
(*- Corresponding Author Email: F.ghanbari@ilam.ac.ir)
2- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamadan, Iran

effects of drought stress on tomato fruit have been studied.

Conclusion: In general, the results of this experiment showed that the effects of drought pre-treatment on seedling remain in the next stages of tomato growth and can have beneficial effects on growth and yield of tomato in field conditions.

Keywords: Blossom end rot, Chilling, Cross-tolerance, Hardening, Stress